



Patent Number  
Title

Patent Assignee  
Inventor Name

Publication Date  
Abstract

DE3934784-A

ASSEMBLY WITH HEAT DISSIPATING PATH FOR SEMICONDUCTOR DEVICES - USING FINNED, INTERLOCKING HEAT SINKS OF A SINTERED MIXTURE OR ALUMINIUM- AND BORON-NITRIDE WITH ANISOTROPIC HEAT CONDUCTIVITY

HITACHI KK

YOKONO, H; TERABAYASH, T; KAYABA, N; DAIKOKU, T; KIEDA, S; KOBAYASHI, F; ZUSHI, S

04/26/90

SEMICONDUCTING DEVICES ARE COOLED BY CONTACT WITH A HEATSINK MADE OF A SINTERED MIXT. WITH A HIGH HEAT CONDUCTIVITY IN A 2-DIMENSIONAL PLANE, AWAY FROM THE SEMICONDUCTOR DEVICE, AND A LOW HEAT CONDUCTIVITY IN A DIRECTION AT RIGHT ANGLES O THIS PLANE.

THE MATERIAL IS A MIXT. OF AND BN, CONTG. PREF. 20-50 WT.% BN. THE MATERIAL IS MADE BY FIRST MIXING TOGETHER AN WITH AN AVERAGE PARTICLE SIZE OF ABOUT 2 MICRON AND BN WITH AN AVERAGE PARTICLE SIZE OF ABOUT 1 MICRON. THEN, PREF. 0.2-5 WT.% OF A SINTERING AID, PREF. CAC03 OR Y203 IS ADDED.

THE MIXTURE IS HOT PRESSED IN A GAS STREAM, PREF. N2, AT ABOUT 40 MPA AND A TEMP. OF ABOUT 1800 DEG.C FOR ABOUT 2 HRS. THE ASSEMBLY PREF. CONTAINS HEATSINKS (3A) IN CONTACT WITH THE DEVICES (2) TO BE COOLED, AND HEATSINKS (3B) WHICH CONDUCT THE HEAT FROM THE FIRST HEATSINKS TO AN ISOTROPICALLY HEAT CONDUCTING, COOLED PLATE (8). BOTH STRUCTURES (HEATSINKS) PREF. CONTAIN A NUMBER OF THIN FINS WHICH FORM PART OF THE STRUCTURE OF TEH HEATSINK AND ARE ARRANGED PARALLEL TO EACH OTHER. THE 2 HEATSINKS PREF. ARE FITTED ABOVE EACH OTHER IN SUCH A WAY THAT THE FINS ARE INTERDIGITATED AND THE SIDES OF THE PLANES ARE AT A SMALL DISTANCE FROM EACH OTHER. WHILE THE BASE-PLATE IS PREF. ISOTROPICALLY CONDUCTING HEAT, THE HEATSINKS ARE PREF. ANISOTROPICALLY CONDUCTING MATERIAL. THE COOLING PLATE (8) IS PREF. CONNECTED TO TEH BASE-PLATE (1) AND TEH FREE SPACE IN THIS PACKAGE FILLED WITH A HEAT CONDUCTING FLUID.

USE/ADVANTAGE - THE ANISOTROPICALLY HEAT CONDUCTING MIXT. HAS A HIGH CONDUCTIVITY, E.G. 180 W/M.DEG.K. IN ONE PLANE, WHICH IS SLIGHTLY HIGHER THAN THAT OF PURE IN THE OTHER DIRECTION ITS CONDUCTIVITY IS ABOUT 40 W/M.DEG.K. THE MATERIAL IS MUCH EASIER TO WORK THAN PURE ALNA.



**Offenlegungsschrift**  
**DE 3934784 A1**

Int. Cl. 5:  
**H01L 23/36**  
H 01 L 23/46  
C 04 B 35/58

Aktenzeichen: P 39 34 784.2  
Anmeldetag: 18. 10. 89  
Offenlegungstag: 26. 4. 90

DE 3934784 A1

Unionspriorität: 19.10.88 JP P63-261471

Anmelder:  
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

Vertreter:  
Pagenberg, J., Dr.jur.; Frohwitter, B., Dipl.-Ing.,  
Rechtsanwälte; Geißler, B., Dipl.-Phys.Dr.jur., Pat.-  
u. Rechtsanwäl.; Bardehle, H., Dipl.-Ing.; Dost, W.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Altenburg, U., Dipl.-Phys.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

Erfinder:  
Yokono, Hitoshi, Toride, Ibaraki, JP; Terabayashi,  
Takao; Kayaba, Nobuo, Yokohama, Kanagawa, JP;  
Daikoku, Takahiro, Ushiku, Ibaragi, JP; Kieda,  
Shigekazu, Ishioka, Ibaragi, JP; Kobayashi,  
Fumiyuki, Sagamihara, Kanagawa, JP; Zushi,  
Shizuo, Hadano, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

**Kühlvorrichtung für Halbleiterbauelemente und Verfahren zur Herstellung der Kühlvorrichtung**

Kühlvorrichtung zum Kühlen von Halbleiterelementen mittels Entfernen der Wärme, die von den Halbleiterelementen erzeugt wird, wie z. B. integrierten Halbleiter-Chips in elektronischen Computern großen Ausmaßes. Die Kühlvorrichtung ist aus einem gesinterten  $\text{AlN-BN}$ -Verbundmaterial zusammengesetzt, das eine Vickers-Härte von nicht größer als  $1/5$  eines  $\text{AlN}$ -Materials hat, und wobei eine anisotrope Eigenschaft der Wärmeleitfähigkeit in einer zweidimensionalen Richtung höher ist als diejenige von  $\text{AlN}$ , das isotrop in der Wärmeleitfähigkeit ist. Die Kühlvorrichtung kann in der Masse hergestellt werden, während sie nichtsdestoweniger eine hohe Abführleistungsfähigkeit hat, die an die Wärmemenge, die von jedem Halbleiterelement erzeugt wird, angepasst ist, sogar dann, wenn das gesinterte Verbundmaterial gleichförmig in Form und Größe ist. Das gesinterte Verbundmaterial besteht aus einer Mischung von einem hexagonalen BN-Pulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von nicht weniger als  $1 \mu\text{m}$  und einem  $\text{AlN}$ -Pulver mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von ungefähr  $2 \mu\text{m}$ , wobei ein Sinterungshilfsmittel hinzugefügt wird und die Pulvermischung einer Wärmepresssinterung unterzogen wird, wodurch das gesinterte Material eine niedrige Wärmeleitfähigkeit in einer Richtung parallel zu einer Achse des Schaftes der Warmpresse aufweist.

DE 3934784 A1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung und insbesondere eine Kühlvorrichtung für Halbleiterbauelemente zum Abführen oder zur Dissipation von Wärme, die z. B. von integrierten Schaltungschips auf Halbleiterbasis eines elektronischen Computers großen Ausmaßes erzeugt wird, und ein Verfahren zum Herstellen eines gesinterten Verbundmaterials für die Kühlvorrichtungen.

Mit dem Auftreten von elektrischen Computern großen Ausmaßes, die eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit aufweisen, sind Schaltungschips mit hochintegrierten Halbleiterelementen entwickelt worden, und um die elektrische Verdrahtung, die die integrierten Schaltungschips verbindet, so kurz wie möglich zu machen, ist eine Vielzahl von technischen Verfahren vorgeschlagen worden, und zwar zum Unterbringen bzw. Befestigen bzw. Anordnen einer großen Anzahl von integrierten Schaltungschips in einer Mikroverpackung (micro package) bzw. in einem Gehäuse.

Kühlvorrichtungen sind z. B. vorgeschlagen worden in den US-Patenten 39 93 123, 42 63 965 und 47 70 242 und in der japanischen offengelegten Patentschrift Nr. 23 463/83.

Des weiteren wird in der offengelegten japanischen Patentschrift Nummer 1 26 853/85 eine Kühlvorrichtung für ein Halbleiterbauelement vorgeschlagen, die für eine überragende Kühlleistungsfähigkeit sorgt und die eine elastische Konstruktion aufweist, die einen Montagefehler zuläßt und dafür sorgt, daß eine Wärmedeformation vertikal und quer aufgefangen wird.

In den vorgeschlagenen Kühlvorrichtungen oder -systemen, die eine Vielzahl von Flügeln bzw. Blättern bzw. Rippen aufweisen, sind die Rippen mit einem relativ geringen Zwischenabstand voneinander angeordnet, wobei die Vorrichtung aus einem Material, wie z. B. SiC oder AlN gefertigt ist, das denkbar schwierig zu verarbeiten ist. Demzufolge gibt es eine Anzahl von Nachteilen der vorgeschlagenen Konstruktionen, nämlich eine schlechte Verarbeitbarkeit des Materials, die erforderlichen Herstellungstechniken usw., so daß das Kühlsystem nicht vergleichbar ist mit anderen Kühlsystemen, und zwar mit Hinsicht auf die Herstellungskosten, auch wenn die vorgeschlagenen Konstruktionen überragende Kühlleistungsfähigkeiten zeigen.

In elektrischen Schaltungen auf Basis von Halbleitern, für die eine Hochgeschwindigkeitsverarbeitung erforderlich ist, wie z. B. bei einem elektronischen Computer großen Ausmaßes, verändert sich des weiteren der Schaltungsausgangspegel in Übereinstimmung mit den Betriebstemperaturen der Schaltung, so daß es notwendig ist, daß die Temperaturen der LSI-Chips in einem vorgegebenen Temperaturbereich gehalten werden.

Des weiteren wird eine große Anzahl von LSI-Chips, die in einem Mikrogehäuse befestigt sind, nicht immer so eingesetzt, daß die erzeugte Wärmemenge die gleiche ist bezüglich jedem der Chips, und zwar wegen des logischen Designs des elektronischen Hochgeschwindigkeitscomputers. Außerdem, wenn die Rippen der vorgeschlagenen Kühlvorrichtungen so ausgebildet sind, daß sie die gleiche Form, Anzahl und das gleiche Material aufweisen, ergibt sich, daß die zusammengestellten Rippen die gleiche Kühlleistungsfähigkeit bzw. Kühlleistung haben. Demzufolge ist es notwendig, und zwar mit Hinsicht darauf, die Temperatur der LSI-Chips, die unterschiedlich erzeugte Wärmemengen aufweisen, innerhalb eines vorbestimmten Temperaturbereichs zu halten, die Form und Zahl der Rippen für jedes LSI-Chip zu ändern, wodurch ein ernstzunehmendes Problem bezüglich der Herstellungskosten auftritt, wenn man an eine industrielle Massenproduktion denkt.

Aufgabe und Ziel, die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegen, bestehen im wesentlichen darin, ein Kühlsystem oder eine Kühlvorrichtung zum Kühlen von Halbleiterbauelementen zu schaffen, die zu niedrigen industriellen Kosten hergestellt werden kann und die eine Wärmeübertragungs- bzw. Abführleistung aufweist, die an die Wärmemenge angepaßt ist, die von jedem LSI-Chip erzeugt wird, obwohl gleiche Form und Anzahl der Rippen bzw. Kühlrippen gegeben ist.

In Übereinstimmung mit vorteilhaften Merkmalen der vorliegenden Erfindung wird eine Kühlvorrichtung oder ein Kühlsystem für eine Halbleitervorrichtung mit wenigstens einem Halbleiterelement geschaffen, wobei die Kühlvorrichtung oder das System eine Kühleinrichtung enthält, die wärmemäßig mit dem Halbleiterelement in Kontakt ist und die ausgelegt ist, um die Wärme zu absorbieren, die von dem Halbleiterelement erzeugt wird, wobei die Kühleinrichtung aus einem gesinterten Verbundkeramikmaterial besteht, das AlN und BN aufweist. Das gesinterte Keramikverbundmaterial zeigt eine hohe thermische Leitfähigkeit in Richtung einer zweidimensionalen Ebene und eine niedrige thermische Leitfähigkeit in einer Richtung, die rechtwinklig zur zweidimensionalen Ebene ist.

Um die Temperaturverteilung in einem Halbleiterelement, wie z. B. einem Halbleiterchip, so weit wie möglich gleichförmig zu machen, auch wenn ein wärmeleitendes Kühlelement auf dem Halbleiterchip angeordnet bzw. befestigt ist, wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Abschnitt des wärmeleitenden Kühlelements, der in Kontakt mit dem Halbleiterchip kommt, durch ein isotropes Keramikmaterial, wie z. B. AlN mit hoher Wärmeleitfähigkeit, gebildet, wohingegen der andere Abschnitt des wärmeleitenden Kühlelements durch ein gesintertes Verbundmaterial gebildet wird, das AlN und BN aufweist, das eine Anisotropie der Wärmeleitfähigkeit hat.

Gemäß weiteren vorteilhaften Eigenschaften bzw. Merkmalen der vorliegenden Erfindung wird, um die Temperaturverteilung in dem Kühlkörper der Kühlvorrichtung oder des Kühlsystems gleichförmig zu machen, um den Wärmewiderstand zwischen einer äußeren Kühlvorrichtung und dem Kühlkörper zu reduzieren, auch wenn das äußere Kühlmedium, wenn Wasser oder Luft zum Kühlen verwendet wird, mit dem Kühlkörper verbunden ist, der als Gehäuse für ein Halbleiterchip dient, ein Abschnitt bzw. Teil des Kühlkörpers, der in Kontakt mit der äußeren Kühlvorrichtung kommt, durch ein isotropisches Keramikmaterial, wie z. B. AlN, mit hoher Wärmeleitfähigkeit gebildet, wohingegen der andere Abschnitt des Kühlkörpers durch ein gesintertes Verbundmaterial gebildet wird, das AlN und BN aufweist, das anisotropisch in der Wärmeleitfähigkeit ist.

Zusätzlich ist es gemäß der vorliegenden Erfindung von Vorteil, wenn ein Abschnitt oder eine gesamte Außenwandoberfläche des Kühlkörpers ausgebildet ist, indem z. B. AlN verwendet wird, da es einfacher ist, eine Metallisierung zu verwenden, was extrem wichtig mit Hinsicht auf die Verbindung ist, verglichen mit der

Verwendung eines AlN-BN gesinterten Materials. Des weiteren, wenn eine Außenwandoberfläche des Kühlkörpers aus BN gebildet ist, ergibt sich ein weiterer Vorteil dadurch, daß die BN-Schicht verglichen mit einem Material, wie z. B. AlN, nicht durch Wasser nachteilig beeinflusst wird. Ein zusammengesetztes AlN-BN gesintertes Material oder ein gesintertes Verbundmaterial, das eine AlN-Schicht oder eine BN-Schicht als Oberflächenschicht enthält, kann leicht erhalten werden, indem z. B. Wärmepreßbetrieb angewendet wird.

Wenn ein AlN-BN gesintertes Verbundmaterial, das eine Anisotropie der Wärmeleitfähigkeit zeigt, als Material für das wärmeleitende Kühlelement oder den Kühlkörper verwendet wird, können, wenn die zweidimensionale Ebene der höchsten Wärmeleitfähigkeit des AlN-BN gesinterten Verbundmaterials im wesentlichen flach, geneigt oder rechtwinklig zur Wärmeflußrichtung angeordnet ist, in der die Wärme des Halbleiterelements, wie z. B. einem Halbleiterchip, von dem wärmeleitenden Kühlelement zu dem Kühlkörper übertragen wird, Werte in einem Bereich von einem oberen zu einem unteren Grenzwert mit Bezug auf die Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit des Kühlkörpers geändert werden. Mittels dieser Anordnung kann eine Kühlvorrichtung mit einer Wärmeübertragungsleistung, die an die generierte Wärmemenge in jedem der LSI-Chips angepaßt ist, in Massenproduktion zu niedrigen Kosten hergestellt werden, sogar dann, wenn das wärmeleitfähige Kühlelement oder der Kühlkörper so ausgebildet ist, daß die gleiche Struktur oder die gleichen konstruktiven Merkmale vorhanden sind.

Zusätzlich, da die Vickers-Härte des AlN-BN gesinterten Verbundmaterials ungefähr  $\frac{1}{5}$  geringer ist verglichen mit einem herkömmlichen AlN isotroper Wärmeleitfähigkeit wird die Gesamtverarbeitbarkeit in bemerkenswertem Maße verbessert, so daß das wärmeleitende Kühlelement oder der Kühlkörper sehr einfach gefertigt werden können. Das ist von besonderer Bedeutung in Situationen, wo das wärmeleitfähige Kühlelement und der Kühlkörper eine große Anzahl von dichtbeabstandeten, im wesentlichen parallelen Rippen aufweist, da es möglich ist, eine Massenproduktion des wärmeleitenden Kühlelements oder des Kühlkörpers mit niedrigen industriellen Kosten zu machen.

Tabelle 1 liefert ein Beispiel für die Verarbeitbarkeit eines AlN-BN gesinterten Verbundmaterials, das gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, wenn es mittels eines scharfkantigen Schleifsteins bzw. Ritzsteins bzw. einer Schleifscheibe geritzt wird.

Tabelle 1

	AlN-BN gesintertes Material, das in der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird	Herkömmliches AlN
Normaler Schleifwiderstand	3,0 N	10 N
Tangentialer Schleifwiderstand	0,43 N	2 N

Die Werte des Schleifwiderstandes gemäß Tabelle 1 werden erhalten, wenn eine Rille bzw. Ritze von 4 mm Tiefe mittels eines Diamantschleifsteins bzw. einer Diamantschleifscheibe mit einer Dicke von 0,6 mm und einer Korngröße von +200 hergestellt wird, und zwar im Vergleich mit herkömmlichen Bearbeitungen. Der Schleifwiderstand in normaler Richtung des AlN-BN gesinterten Verbundmaterials in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, wie in der oben angegebenen Tabelle gezeigt ist, beträgt ungefähr  $\frac{1}{3}$  und in der tangentialen Richtung beträgt er ungefähr  $\frac{1}{5}$  verglichen mit dem herkömmlichen AlN-Anschleifen, wodurch ganz klar die überragende Verarbeitbarkeit des gesinterten Verbundmaterials, das in der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, gezeigt wird.

Wegen der erhöhten, verbesserten Verarbeitbarkeit des gesinterten Verbundmaterials aus AlN-BN in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung ist die Lebensdauer des Schleifsteins bzw. der Schleifscheibe gegenüber Abrasion bzw. Abnutzung extrem lang verglichen mit der Lebensdauer des Schleifsteins nach Konstruktionen des Stands der Technik, was sehr von Vorteil ist für eine Verarbeitung großer Mengen.

Wenn ein keramisches Material isotroper Wärmeleitfähigkeit auf dem AlN-BN-Material anisotroper Wärmeleitfähigkeit auf einem Abschnitt des wärmeleitenden Kühlelements oder Kühlkörpers vorgesehen ist, kann der Wärme fluß durch das keramische Material von isotroper Wärmeleitfähigkeit so verteilt werden, daß es möglich ist, einen Betrieb durchzuführen, bei dem die Temperaturverteilung in dem Halbleiterchip effizienter Weise gleichförmig gemacht ist.

Des weiteren wegen der Merkmale bzw. Eigenschaften der vorliegenden Erfindung, ist es möglich, eine Halbleiterkühlstruktur relativ geringer Kosten in der Masse herzustellen, wobei nichtsdestoweniger die Leistungsfähigkeit der Kühlstruktur, wie z. B. die Fähigkeit der Reduzierung des Wärmewiderstandes beim Wärmeübergang hinsichtlich des äußeren Kühlers erhöht werden kann.

Vorteilhafterweise wird entsprechend dem Verfahren der vorliegenden Erfindung das gesinterte Verbundmaterial für die Kühlanordnung durch das Mischen jeweils eines Pulvers aus BN und AlN mit einer Partikelgröße von 1 µm und 2 µm bei einem vorgegebenen Zusammensetzungsverhältnis von bevorzugterweise 20–50 Gewichtsprozent von BN mit einem Sinterhilfsmittel, wie z. B. Kalziumcarbonat oder Yttriumoxid, das in einer Menge von ungefähr 0,2–5 Gewichtsanteilen hinzugesetzt wird, erhalten.

Die pulvrige Mischung aus BN, AlN und dem Sinterhilfsmittel wird dann einem Heißdrucksintern bzw. Wärmepreßintern in einem Stickstoffstrom von ungefähr 1800°C und einem Druck von ungefähr 40 MPa für eine Zeitdauer von ungefähr 2 h ausgesetzt, um ein Material mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit in einer Richtung parallel zur Achse des Wärmepreßschäfts zu erreichen.

Die oben angegebenen und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung klarer hervortreten, wenn sie in Verbindung mit den beiliegenden Ansprüchen und Zeichnungen betrachtet werden, die nur zum Zweck der Darstellung verschiedene Ausführungsformen nach der vorliegenden Erfindung zeigen. Es zeigen

5 Fig. 1 eine Längsschnittansicht eines Kühlsystems oder einer Kühlvorrichtung für ein Halbleiterelement, das entsprechend der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist;

Fig. 2 ein schematisches Diagramm, das die Anisotropie der Wärmeleitfähigkeit des AlN-BN gesinterten Verbundmaterials zeigt, das in dem Kühlsystem oder der Kühlvorrichtung der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird;

10 Fig. 3 eine perspektivische Schnittansicht einer anderen Ausführungsform, die entsprechend der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist;

Fig. 4 und 5 jeweils Ansichten von wärmeleitenden Kühlelementen weiterer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht von einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

15 Fig. 7 eine perspektivische Ansicht einer herkömmlichen Kühlvorrichtung für Halbleiter gemäß dem Typ, wie er in dem offengelegten japanischen Patent Nr. 1 26 853/85 vorgeschlagen ist.

Mit Bezug auf die vorliegenden Zeichnungen, in denen entsprechende Bezugszeichen durchgehend durch die verschiedenen Ansichten eingesetzt werden, um entsprechende Abschnitte bzw. Teile anzugeben und, insbesondere mit Bezug auf Fig. 7, wird entsprechend Fig. 7 eine herkömmliche Kühlvorrichtung für Halbleiterbauelemente bzw. -anordnungen gezeigt, die ein Gehäuse 15 mit einer Vielzahl von einstückig ausgebildeten platten-

20 ähnlichen Rippen 16 enthält, die parallel entlang einer inneren Oberfläche desselben angeordnet sind, wobei das Gehäuse 15 aus einem Material besteht, das eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist. Eine Vielzahl von LSI-Chips 2 sind jeweils auf einem vielschichtigen Verbindungssubstrat 1 befestigt, das auf einer Wärmeleiterbasis 17 bzw. Platte mit einer Vielzahl von einstückig ausgebildeten plattenähnlichen Rippen 18 darauf angeordnet ist, wobei diese mit dem gleichen Abstand entsprechend dem Abstand der plattenähnlichen Rippen 16 angeordnet sind und

25 wobei die plattenähnlichen Rippen 16, 18 aneinander angepaßt sind bzw. miteinander verbunden sind oder verschachtelt sind und voneinander durch eine schmale Lücke bzw. einen schmalen Schlitz 19 beabstandet sind. Ein abgeschlossener Raum 20 ist durch das Gehäuse 15 und das vielschichtige Verbindungssubstrat 1 definiert, wobei der abgeschlossene Raum 20 mit einem Gas gefüllt ist, das eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist wie z. B.

30 Helium oder Wasserstoffgas. Wärme, die von dem LSI-Chip 2 gebildet wird, wird zur wärmeleitenden Basis 17 geführt, die in Kontakt mit der gesamten Rückseite der jeweiligen Chips 2 ist, und wird darin gleichförmig verteilt, wobei die Wärme danach zu jeder Rippe übertragen wird. Dann wird die Wärme zu den Rippen 16 über die Gasschicht aus Helium oder Wasserstoff, die in der schmalen Lücke bzw. dem schmalen Spalt 19 ausgebildet ist, übertragen und schließlich von einem Kühler bzw. Kühlmittel (nicht gezeigt) das auf dem Gehäuse 15

35 befestigt ist, abgeführt.

Das vielschichtige Verbindungssubstrat 1 besteht aus einem Keramikmaterial wie z. B. Aluminiumoxid, um die Ausbildung einer vielschichtigen elektrischen Verdrahtung darin mit hoher Dichte zu erleichtern. Das Gehäuse 15 besteht ebenfalls aus einem Keramikmaterial, wie z. B. SiC oder AlN, wobei eine Anpassung an und ein thermischer Ausdehnungskoeffizient des vielschichtigen Verbindungssubstrats 1, aber auch Eigenschaften wie

40 hohe Wärmeleitfähigkeit und elektrische Isolierung in Betracht gezogen sind.

In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung gemäß Fig. 1 sind eine große Anzahl von LSI-Chips 2 auf dem vielschichtigen Verbindungsverdrahtungssubstrat 1, das aus einem Keramikmaterial besteht, befestigt, wobei ein wärmeleitendes Kühlelement 3 zwischen jedem LSI-Chip 2 und einem Kühlkörper 4 angeordnet ist, der von einem externen Kühler 5 gekühlt wird. Die Wärme, die von jedem LSI-Chip 2 erzeugt wird, fließt durch

45 das wärmeleitende Kühlelement 3 und den Kühlkörper 4 in einer Wärmeflußrichtung des LSI-Chips 2, die mit einem Pfeil 6 angegeben ist, und wird schließlich von dem äußeren Kühler 5 abgeführt.

Das wärmeleitfähige Kühlelement 3 besteht aus einem gesinterten Verbundmaterial, das im wesentlichen aus AlN und BN besteht, und wenn man das gesinterte Verbundmaterial als durch den Einheitswürfel nach Fig. 2 dargestellt betrachtet, sind die Eigenschaften des Verbundmaterials so, daß eine Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_x, \lambda_z$ ) in

50 einer zweidimensionalen Ebenenrichtung, die durch die  $N_x$ - und  $A_z$ -Achsen angegeben wird, extrem hoch ist und daß die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_y$ ) in einer Y-Richtung rechtwinklig zu der zweidimensionalen Ebene extrem niedrig ist. Die Wärmeübertragungs- bzw. Übertragungsleistungsfähigkeit des wärmeleitenden Kühlelements 3 kann durch den Aufbau des Kühlelements 3 maximiert werden, und zwar so, daß die zweidimensionale Ebene der hohen Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_x, \lambda_z$ ) des gesinterten AlN-BN-Verbundmaterials parallel ist zur Richtung des

55 Wärmeefflusses in Richtung des Pfeiles 6 nach Fig. 1. Andersrum wird die Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit minimiert, indem die zweidimensionale Ebene der hohen Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_x, \lambda_y$ ) in einer Richtung rechtwinklig zur Wärmeefflußrichtung, dargestellt durch den Pfeil 6, angeordnet wird. Des weiteren, wenn das wärme-

leitende Kühlelement 3 so ausgebildet ist, daß die zweidimensionale Ebene der hohen Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_x, \lambda_y$ ) bezüglich der Wärmeefflußrichtung nach Pfeil 6 geneigt ist, kann die Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit

60 des wärmeleitenden Kühlelements auf einen Mittelwert zwischen der maximalen und minimalen Wärmeleitfähigkeit eingestellt bzw. gesetzt werden.

Obwohl die proportionalen Beträge bzw. Mengen von AlN und BN wie gewünscht ausgewählt werden können, um die Anisotropie des Wärmeausdehnungskoeffizienten zu vermindern, beträgt der Anteil von BN bevorzugterweise ungefähr 30%. Mit diesem Anteil kann die Wärmeleitfähigkeit zu ungefähr 180 W/mK in der

65 zweidimensionalen Ebene der hohen Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_x, \lambda_y$ ) gemacht werden und ungefähr zu 40 W/mK in einer Ebene rechtwinklig dazu, und zwar im Vergleich mit dem Einsatz eines AlN-Materials, wobei die Wärmeleitfähigkeit, die erhalten wird, gewöhnlicherweise 160 W/mK beträgt. Wegen dieser Werte ist es möglich, eine Konstruktion anzugeben, die keinen Unterschied im Wärmewiderstand verursacht, und in Übereinstimmung mit

einem Mischungsverhältnis, das eine gute Wärmeleitfähigkeit leistet, kann der Anteil von BN ungefähr 50% betragen, wobei es möglich ist, den Wärmewiderstand im großen Ausmaß im Vergleich mit dem Verbundmaterial aus AlN zu reduzieren.

Demzufolge, indem das wärmeleitfähige Kühlelement 3 oder der Kühlkörper 4 aus einem gesinterten Verbundmaterial aus AlN-BN gebildet wird, und indem die zweidimensionale Ebene hoher Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_x$ ,  $\lambda_z$ ) in einer Ebene angeordnet ist, die in einem parallelen bis zu einem rechten Winkel bezüglich der Wärmeflußrichtung des LSI-Chip 2 gemäß Pfeil 6 in Fig. 1 verläuft, kann die Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit des wärmeleitenden Kühlelements 3 in einer entsprechenden Beziehung zu jedem LSI-Chip 2 so geändert werden, daß die Temperaturen der LSI-Chips 2 im wesentlichen gleichgemacht werden können, sogar dann, wenn eine große Anzahl von LSI-Chips 2, die auf dem Substrat 1 angeordnet sind, unterschiedliche Wärmemengen erzeugen.

Des weiteren, da die Vickers-Härte des AlN-BN gesinterten Verbundmaterials nicht größer ist als  $1/5$  des herkömmlichen AlN-Materials, die ungefähr  $1000 \text{ kgf/mm}^2$  beträgt, ist es möglich, eine bemerkenswerte Verbesserung in der Verarbeitbarkeit des Materials zu erhalten, und demzufolge ist es möglich, daß das wärmeleitfähige Kühlelement 3 Verarbeitungsvorgängen bzw. Bearbeitungsvorgängen ausgesetzt wird, wie z. B. Schneiden, Schleifen und Polieren, und zwar zu extrem niedrigen Herstellungskosten.

Des weiteren, da der Wärmeausdehnungskoeffizient des gesinterten AlN-BN-Verbundmaterials ungefähr  $4 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  beträgt, ist es möglich, den Wärmeausdehnungskoeffizienten des keramischen Substrats und der LSI-Chips 2 anzugleichen, um eine Wärmeverbiegung bzw. Wärmeverzerrung auf einen extrem kleinen Wert zu reduzieren, wodurch die Zuverlässigkeit der Kühlvorrichtung oder des Kühlsystems für den Halbleiterchip erhöht wird.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel einer elastischen Konstruktion, die die Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit eines wärmeleitfähigen Kühlelements 3' erhöht, wobei eine Reduktion und eine Verarbeitungstoleranz und ein Montagefehler bzw. Zusammenbaufehler der Kühlkomponenten genauso wie eine Relaxation der Wärmebelastung bzw. -spannung, die durch die Erzeugung von Wärme in den LSI-Chip 2 induziert wird, ermöglicht werden.

Wie in Fig. 3 gezeigt wird, ist eine Seite des wärmeleitenden Kühlelements 3', das in Kontakt mit jedem LSI-Chip 2 kommt, als eine Basis 6 ausgebildet, die eine große Anzahl von ersten, dünnen, plattenähnlichen Rippen 7 aufweist, die einstückig auf der Basis 6 ausgebildet sind und die im wesentlichen parallel zueinander sind. Ein Gehäuse 8 deckt und dichtet die LSI-Chips 2 ab, die auf dem Substrat 1 befestigt sind, und dient ebenso als Kühlkörper.

Zweite dünne plattenähnliche Rippen 9 mit dem gleichen Abstand wie die ersten dünnen plattenähnlichen Rippen 7 sind einstückig auf einer inneren Oberfläche des Gehäuses 8 ausgebildet, wobei die ersten und zweiten dünnen Plattenrippen 7, 9 aneinander angepaßt sind oder ineinander verschachtelt sind und voneinander jeweils mit einem kleinen Spalt beabstandet sind. Das wärmeleitende Kühlelement 3' ist in Kontakt mit dem LSI-Chip 2, und zwar über eine Federkraft, die durch Schraubenfedern 10 aufgebracht wird, wobei die Federkraft der Schraubenfedern 10 keine größere Belastung als notwendig für die LSI-Chips 2 darstellt, um eine geeignete Positionsbeziehung zwischen dem wärmeleitenden Kühlelement 3' bezüglich jedes LSI-Chips 2 einzuhalten.

Das wärmeleitende Kühlelement 3', das aus den plattenähnlichen Rippen 7 und der Basis 6 zusammengesetzt ist, oder der Kühlkörper, der aus dem Gehäuse 8 und den zweiten, dünnen, plattenähnlichen Rippen 9 zusammengesetzt ist, bestehen aus einem AlN-BN gesinterten Verbundmaterial, wie oben beschrieben worden ist mit Bezug auf Fig. 1, und sind in allen anderen Eigenschaften ähnlich der Konstruktion, die in Verbindung mit der Fig. 1 beschrieben worden ist. Wegen der konstruktiven Eigenschaften bzw. Merkmale von Fig. 3 ist es für die ersten und zweiten plattenähnlichen Rippen 7, 9 möglich, sehr dünn zu sein, und eine große Anzahl von dünnen plattenähnlichen Rippen 7, 9 kann vorgesehen sein, um die Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit insbesondere des wärmeleitenden Kühlelements 3' und des Kühlkörpers zu erhöhen, der aus dem Gehäuse 8 und den zweiten, dünnen, plattenähnlichen Rippen 9 gebildet ist. Indem ein AlN-BN gesintertes Verbundmaterial eingesetzt wird, kann jedoch nicht nur die Temperatur jedes LSI-Chips 2 kontrolliert werden, sondern auch eine komplizierte Struktur kann leicht bearbeitet bzw. verarbeitet werden. Das ist von besonderer Wichtigkeit beim Ausbilden einer großen Anzahl von Rippen zur gleichen Zeit, da die Lebensdauer des Schleifsteins bzw. der Schleifscheibe denkbar erhöht werden kann, indem billige Aluminiumoxidschleifsteine bzw. -scheiben bzw. Ritzsteine eingesetzt werden können ohne daß eine große Anzahl von teuren Diamantscheiben verwendet werden muß. Das kommt daher, da die Härte des AlN-BN gesinterten Verbundmaterials ein Fünftel oder weniger des herkömmlichen AlN-Materials ist. Des weiteren, da die Bearbeitungsgenauigkeit der dünnen, plattenähnlichen Rippen 7, 9 erhöht werden kann, ist es möglich, eine Kühlkonstruktion hoher Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit zu niedrigen industriellen Kosten in der Masse zu produzieren.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 4 ist eine Wärmediffusionsplatte 11, die aus einem isotropen Keramikmaterial wie z. B. AlN von hoher Wärmeleitfähigkeit besteht, mit der Basis 6 des wärmeleitenden Kühlelements 3' verbunden. Alle anderen Eigenschaften bzw. Merkmale des Kühlsystems der Vorrichtung nach Fig. 4 sind ähnlich im Aufbau zu den oben beschriebenen Ausführungsformen.

Bei der Konstruktion, wie sie gemäß Fig. 4 vorgeschlagen wird, wirkt der Einfluß der anisotropen Wärmeleitfähigkeit des wärmeleitfähigen Kühlelements 3' nicht direkt auf die LSI-Chips 2 ein, sondern wird vielmehr von der Wärmediffusionsplatte 11 aufgenommen, so daß die Temperaturverteilung in jedem LSI-Chip 2 im wesentlichen gleichförmig wird.

In der Ausführungsform nach Fig. 5 enthält ein wärmeleitendes Kühlelement 3''' eine Wärmediffusionsbasis 12, die von einem isotropen Keramikmaterial hoher Wärmeleitfähigkeit gebildet wird, und eine große Anzahl von parallelen, dünnen, plattenähnlichen Rippen 13, die aus einem gesinterten AlN-BN-Verbundmaterial bestehen, ist direkt auf der Wärmediffusionsbasis 12 verbunden. Die Konstruktion gemäß Fig. 5 ist vorteilhafter darin, daß nicht nur die Temperaturverteilung in jedem LSI-Chip 2 weiter gleichförmig gemacht werden kann, sondern

daß auch der Wärmefluß in der Wärmediffusionsbasis 12 verbessert ist, so daß die Wärmeverteilung auf jede dünne, plattenähnliche Rippe 13 verbessert werden kann.

In der Ausführungsform nach Fig. 6 dient das Gehäuse 8, das die LSI-Chips 2 abdeckt, als der Kühlkörper und zwei wärmeleitfähigen Kühlelementen 3a, 3b sind vorgesehen, die jeweils eine Basis 6 bzw. eine Basis 14 aufweisen, die jeweils auf den Rückseiten der LSI-Chips 2 und der inneren Seiten bzw. Fläche des Gehäuses 8 befestigt sind, wobei die Basis 6 und die Basis 14 jeweils mit einer Vielzahl ihrer plattenähnlichen Rippen 7, 9 ausgestattet sind, die aneinander angepaßt sind mit einem vorgegebenen schmalen Abstand voneinander. Die Basis 6 ist in Kontakt mit der Wärmeübertragungsfläche jedes LSI-Chips 2 gebracht, und zwar mittels einer Feder 10, während die Basis 14 mit der inneren Fläche des Gehäuses 8 fixiert ist, und zwar z. B. durch Löten oder ähnliches. Es ist jedoch ebenso für die Basis 14 möglich, nur in Kontakt mit der inneren Fläche des Gehäuses 8 zu sein, und zwar auf ähnliche Weise wie die Basis 6. Die wärmeleitenden Kühlelemente 3a, 3b mit den Sätzen von dünnen, plattenähnlichen Rippen 7, 9, die aneinander angepaßt sind, bestehen aus gesintertem AlN-BN-Verbundmaterial.

Mit einer Konstruktion wie z. B. in Fig. 6 ändert sich der geringe bzw. feine Spalt zwischen benachbarten, dünnen, plattenähnlichen Rippen 7, 9 niemals, da die zwei Sätze von dünnen, plattenähnlichen Rippen 7, 9 und die Basis 6 bzw. die Basis 14 den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten haben, der wirksam ist beim Stabilisieren der Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit der wärmeleitenden Kühlelemente 3a, 3b. Diese Wirkung bzw. dieser Effekt ist insbesondere wichtig dafür, daß die zwei Sätze von dünnen, plattenähnlichen Rippen 7, 9 in der Masse zu niedrigen industriellen Kosten unter den gleichen Verarbeitungsbedingungen hergestellt werden können. Des weiteren, da es nicht notwendig ist, das Gehäuse 8 mit dem gleichen Material wie die wärmeleitfähigen Kühlelemente 3a, 3b auszubilden, ist es möglich, ein geeignetes Material für das Gehäuse 8 frei auszuwählen.

Obwohl der Gegenstand der vorliegenden Erfindung obenstehend beschrieben worden ist in Verbindung mit LSI Chips 2 und einem wärmeleitenden Kühlelement, ist es klar, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist, sondern vielmehr genauso anwendbar ist auf diverse wärmeerzeugende Halbleiterkomponenten, die z. B. Halbleiterkompaktschaltungen, -bausteine, -gehäuse, -gerätebaugruppen und integrierte Kompaktschaltungen umfassen.

Das gesinterte AlN-BN-Verbundmaterial, das in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, unterscheidet sich in den physikalischen Eigenschaften, wie z. B. der Wärmeleitfähigkeit, in Abhängigkeit von dem Anteil von BN zu dem Anteil von AlN. Eine geeignete Zusammensetzung für die Halbleiterkühlvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist 50 bis 20 Gew.-% BN und 50 bis 80 Gew.-% AlN auf. In einer Zusammensetzung bzw. Mischung, in der der Anteil von BN über 50 Gew.-% beträgt, ist die Bindungswirkung nicht hoch und die Anisotropie des Wärmeausdehnungskoeffizienten ist groß, obwohl das gesinterte Verbundmaterial einer solchen Zusammensetzung eine relativ hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist. In einer Zusammensetzung, in der der Anteil von AlN über 80 Gew.-% liegt, hat das gesinterte Verbundmaterial schlechte Schneid- und Brecheigenschaften, so daß diese beiden gesinterten Verbundmaterialien nicht geeignet sind für wärmeabführende Komponenten gemäß der vorliegenden Erfindung.

Die vorliegende Erfindung gibt ebenfalls ein Verfahren zum Herstellen des gesinterten AlN-BN-Verbundmaterials an, wobei zuerst ein hexagonales BN-Pulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von nicht kleiner als 1 µm und ein AlN-Pulver mit einem durchschnittlichen Partikeldurchmesser von ungefähr 2 µm miteinander so vermischt werden, daß ein vorgegebenes Mischungsverhältnis erzeugt wird. Dann wird Kalziumkarbonat oder Yttriumoxid als Sinterungshilfsmittel in einer Menge von 0,2 bis zu 5 Gewichtsanteilen hinzugefügt. Die pulverige Mischung wird dann einem Wärmepreßintern in einem Stickstoffgasstrom von 1800°C und unter einem Druck von etwa 40 MPa für etwa zwei Stunden ausgesetzt. Das so erhaltene gesinterte Material hat eine niedrige Wärmeleitfähigkeit in einer Richtung parallel zu einer Achse des Wärmepreßschäfts. Wenn man diesen Gesichtspunkt in Betracht zieht, ist es möglich, die Wärmeleitfähigkeit durch Ändern der dünnen, plattenähnlichen Rippen 7, 9, wie oben erwähnt wurde, einzustellen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, indem ein gesintertes AlN-BN-Verbundmaterial mit einer Vickers-Härte von nicht mehr als ein Fünftel der Härte des herkömmlichen AlN-Materials und anisotroper Eigenschaft der Wärmeleitfähigkeit eingesetzt wird, wobei die Wärmeleitfähigkeit in einer zweidimensionalen Richtung höher ist als diejenige des AlN, das isotrop in der Wärmeleitfähigkeit ist, eine Kühlvorrichtung oder ein Kühlsystem für Halbleiterelemente, wie z. B. Halbleiterchips, in Massenproduktion herzustellen, die eine Wärmeübertragungsleistungsfähigkeit haben, die an die erzeugte Wärmemenge für jeden LSI-Chip angepaßt ist, und zwar zu niedrigen industriellen Kosten, sogar dann, wenn das gesinterte Verbundmaterial sowohl in der Form als auch in der Größe gleichförmig ist.

Obwohl wir verschiedene Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben haben, ist es klar, daß dieselbe nicht auf diese beschränkt ist, sondern vielmehr einer Vielzahl von Änderungen und Modifikationen unterzogen werden kann, wie sie den Fachleuten bekannt sind, und es wird deshalb nicht gewünscht, auf die gezeigten und beschriebenen Details beschränkt zu sein, sondern es wird vielmehr gewünscht, all solche Modifikationen, die vom Schutzbereich der anhängenden Ansprüche umfassen sind, abzudecken.

#### Patentansprüche

1. Kühlanordnung für eine Halbleiteranordnung mit mindestens einem Halbleiterelement, wobei die Kühlanordnung aufweist Kühleinrichtungen zum Absorbieren von Wärme, die von dem mindestens einen Halbleiterelement erzeugt wird, wobei die Kühleinrichtungen so angeordnet sind, daß sie in Wärmekontakt mit dem wenigstens einen Halbleiterelement sind, und wobei die Kühleinrichtungen aus einem gesinterten

keramischen Verbundmaterial bestehen, das eine hohe Wärmeleitfähigkeit in einer Richtung einer zweidimensionalen Ebene hat, die sich in eine vorgegebene Richtung bezüglich einer Wärmeflußrichtung von dem wenigstens einen Halbleiterelement erstreckt, und eine niedrige Wärmeleitfähigkeit in einer Richtung rechtwinkelig zu dieser zweidimensionalen Ebene hat.

2. Kühlanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen wärmeleitende Kühleinrichtungen und einen Kühlkörper aufweisen, wobei die wärmeleitenden Kühleinrichtungen in Kontakt mit dem wenigstens einen Halbleiterelement zum Transferieren von erzeugter Wärme von dem wenigstens einen Halbleiterelement zu dem Kühlkörper sind, und wobei der Kühlkörper die Wärme von den wärmeleitenden Kühleinrichtungen zu einer externen Kühleinrichtung transferiert.

3. Kühlanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitenden Kühleinrichtungen eine Basiseinrichtung enthalten, die eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

4. Kühlanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper eine Basiseinrichtung aufweist, die eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen, die einstückig auf dieser ausgebildet und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, aufweist, und wobei die wärmeleitenden Kühleinrichtungen und der Kühlkörper so angeordnet sind, daß die dünnen, plattenähnlichen Rippen der wärmeleitenden Kühleinrichtungen und des Kühlkörpers ineinander mit einem Abstand bzw. Zwischenraum zwischen benachbarten Rippen verschachtelt sind.

5. Kühlanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Basiseinrichtung der wärmeleitenden Kühleinrichtungen aus einem Keramikmaterial mit einer isotropen Wärmeleitfähigkeit besteht.

6. Kühlanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Basiseinrichtung des Kühlkörpers aus einem Keramikmaterial mit einer isotropen Wärmeleitfähigkeit besteht.

7. Kühlanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wärmediffusionsplatteneinrichtung, die aus einem Keramikmaterial mit isotroper Wärmeleitfähigkeit besteht, mit der Basiseinrichtung der wärmeleitenden Kühleinrichtungen verbunden ist.

8. Kühlanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper eine Basiseinrichtung mit einer Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und daß die wärmeleitenden Kühleinrichtungen und der Kühlkörper so angeordnet sind, daß die dünnen, plattenähnlichen Rippen der wärmeleitfähigen Kühleinrichtungen und des Kühlkörpers ineinander mit einem Zwischenraum zwischen benachbarten Rippen verschachtelt sind.

9. Kühlanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wärmediffusionsplatte, die aus einem Keramikmaterial mit isotroper Wärmeleitfähigkeit besteht, mit der Basiseinrichtung des Kühlkörpers verbunden ist.

10. Kühlanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper eine Gehäuseeinrichtung aufweist, und daß ein Fluid hoher Wärmeleitfähigkeit innerhalb der Gehäuseeinrichtung eingeschlossen bzw. abgedichtet ist.

11. Kühlanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Teil einer äußeren Wandfläche des Kühlkörpers aus einem mit AlN oder BN gesinterten Material besteht.

12. Kühlanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine gesamte äußere Wandfläche des Kühlkörpers aus entweder AlN oder BN gesintertem Material besteht.

13. Kühlanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aus einem gesinterten Keramikmaterial bestehen, das AlN und BN aufweist.

14. Kühlanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammensetzung 20 bis 50 Gew.-% BN enthält.

15. Kühlanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen eine wärmeleitfähige Kühleinrichtung in Kontakt mit dem wenigstens einen Halbleiterelement zum Transferieren der Wärme von dem wenigstens einen Halbleiterelement aufweisen, des weiteren einen Kühlkörper in Kontakt mit den wärmeleitenden Kühleinrichtungen zum Transferieren bzw. Abführen der Wärme von diesen und eine externe Kühleinrichtung zum Abführen der Wärme von dem Kühlkörper.

16. Kühlanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen eine wärmeleitende Kühleinrichtung mit einer Basiseinrichtung mit einer Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und eine Gehäuseeinrichtung zum Abdecken und Abdichten des wenigstens einen Halbleiterelements auf einer Substrateinrichtung, wobei die Gehäuseeinrichtung eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf einer inneren Fläche derselben ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, wobei die dünnen, plattenähnlichen Rippen der wärmeleitenden Kühleinrichtung und der Gehäuseeinrichtung so angeordnet sind, daß sie mit einem Zwischenabstand zwischen benachbarten Rippen verschachtelt sind.

17. Kühlanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen eine thermoleitende Kühleinrichtung aufweisen, und zwar zum Ableiten der Wärme von dem wenigstens einen Halbleiterelement, das eine Basiseinrichtung und eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf die Basiseinrichtung befestigt sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und daß eine Wärmediffusionsplatteneinrichtung mit der Basiseinrichtung für eine gleichförmige Temperaturverteilung der von dem wenigstens einen Halbleiterelement erzeugten Wärme verbunden ist.

18. Kühlanordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmediffusionsplatteneinrichtung aus einem isotropen Keramikmaterial gebildet ist.

19. Kühlanordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das isotrope Keramikmaterial AlN ist.



20. Kühlanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen eine thermokonduktive Kühleinrichtung zum Transferieren von Wärme von dem wenigstens einen Halbleiterelement aufweist, das eine Wärmediffusionsbasiseinrichtung mit einer Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen darauf enthält, und zwar zum Sicherstellen einer gleichförmigen Wärmeverteilung der von dem wenigstens einen Halbleiterelement erzeugten Wärme

21. Kühlanordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmediffusionsplatteneinrichtung aus einem isotropen Keramikmaterial hoher Wärmeleitfähigkeit gebildet ist.

22. Kühlanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen eine erste thermoleitfähige Kühleinrichtung, die in Wärmekontakt mit der wenigstens einen Halbleiteranordnung ist, die eine Basiseinrichtung und eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, des weiteren eine zweite wärmeleitende Kühleinrichtung, die eine Basiseinrichtung und eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen der ersten und der zweiten wärmeleitenden Kühleinrichtung mit einem Zwischenabstand zwischen benachbarten Rippen verschachtelt sind bzw. verzahnt sind, und eine Kühlkörpereinrichtung in Kontakt mit der zweiten wärmeleitenden Kühleinrichtung zum Transferieren der Wärme von dieser.

23. Kühlanordnung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkörpereinrichtung eine Gehäuseeinrichtung zum Abdecken des wenigstens einen Halbleiterelements aufweist.

24. Kühlanordnung zum Kühlen einer Vielzahl von Halbleiterelementen, wobei die Kühlanordnung Kühleinrichtungen zum Absorbieren der von einer Vielzahl von Halbleiterelementen erzeugten Wärme aufweist, wobei die Kühleinrichtungen so angeordnet sind, daß sie in Wärmekontakt mit der Vielzahl von Halbleiterelementen sind, und daß die Kühleinrichtungen aus einem gesinterten, keramischen Verbundmaterial geformt sind, das in einer vorbestimmten Richtung bezüglich der Wärmeflußrichtung angeordnet ist, in der Wärme der Vielzahl von Halbleiterelementen durch die Kühleinrichtungen transportiert bzw. geführt wird, so daß die Kühleinrichtungen eine Wärmetransferleistungsfähigkeit haben, die an die Wärmemenge angeglichen bzw. angepaßt ist, die in den jeweiligen Halbleiterelementen erzeugt wird.

25. Kühlanordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen wenigstens eine thermokonduktive Kühleinrichtung und einen Kühlkörper, wobei die wenigstens eine thermokonduktive Kühleinrichtung in Kontakt mit der Vielzahl von Halbleiterelementen ist und die Wärme, die von der Vielzahl von Halbleiterelementen erzeugt wird, zu dem Kühlkörper abführt, und daß der Kühlkörper die Wärme von der wenigstens einen wärmeleitenden Kühleinrichtung zu der externen Kühleinrichtung fortleitet.

26. Kühlanordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine wärmeleitende Kühleinrichtung aufweist eine Basiseinrichtung mit einer Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen, die integral auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

27. Kühlanordnung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper eine Basiseinrichtung mit einer Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

28. Kühlanordnung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Basiseinrichtung von wenigstens einer wärmeleitenden Kühleinrichtung aus einem Keramikmaterial mit einer isotropen Wärmeleitfähigkeit geformt ist.

29. Kühlanordnung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Basiseinrichtung des Kühlkörpers aus einem Keramikmaterial mit einer isotropen Wärmeleitfähigkeit geformt ist.

30. Kühlanordnung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmediffusionsplatte aus einem Keramikmaterial mit isotroper Wärmeleitfähigkeit mit der Basiseinrichtung der wenigstens einen wärmeleitenden Kühleinrichtung verbunden ist.

31. Kühlanordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper eine Basiseinrichtung mit einer Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

32. Kühlanordnung nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wärmediffusionsplatte aus einem Keramikmaterial mit isotroper Wärmeleitfähigkeit mit der Basiseinrichtung des Kühlkörpers verbunden ist.

33. Kühlanordnung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil einer äußeren Wandoberfläche des Kühlkörpers aus einem AlN oder BN gesinterten Material geformt ist.

34. Kühlanordnung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß eine gesamte äußere Wandoberfläche des Kühlkörpers aus AlN oder BN gesintertem Material geformt ist.

35. Kühlanordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung aus einem gesinterten Keramikmaterial besteht, das AlN und BN aufweist.

36. Kühlanordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammensetzung 20 bis 50 Gew.% von BN aufweist.

37. Kühlanordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen wenigstens zwei wärmeleitende Kühleinrichtungen und einen Kühlkörper aufweisen, wobei jede der wenigstens zwei wärmeleitenden Kühleinrichtungen in Kontakt mit wenigstens einem aus der Vielzahl der Halbleiterelemente zum Transferieren der Wärme, die von dem Halbleiterelement erzeugt wird, mit dem Kühlkörper in Kontakt sind, und daß der Kühlkörper die Wärme von den wenigstens zwei wärmeleitenden Kühleinrichtungen zu einer externen Kühleinrichtung ableiten.

38. Kühlanordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen wenigstens zwei wärmeleitende Kühleinrichtungen, von denen jede eine Basiseinrichtung mit einer Vielzahl

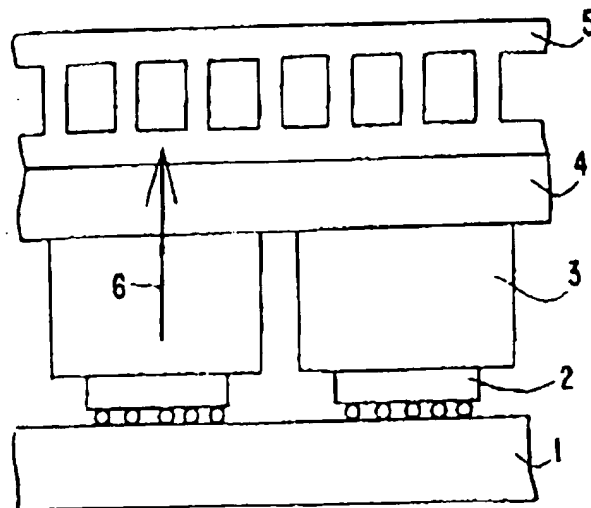
- von plattenähnlichen Ringen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und des weiteren eine Wärmediffusionsplatteneinrichtung, die mit beiden Basiseinrichtungen für eine gleichförmige Verteilung von Wärme verbunden ist, die von der Vielzahl von Halbleiterelementen erzeugt wird.
39. Kühlanordnung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmediffusionsplatteneinrichtung aus einem isotropen Keramikmaterial geformt ist. 5
40. Kühlanordnung nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß das isotrope Keramikmaterial AlN ist.
41. Kühlanordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen wenigstens zwei wärmeleitende Kühleinrichtungen, die eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweisen, die auf einer gemeinsamen Wärmediffusionsbasiseinrichtung zum Sicherstellen einer gleichförmigen Wärmeverteilung der Wärme, die von der Vielzahl von Halbleiterelementen erzeugt wird, befestigt sind. 10
42. Kühlanordnung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmediffusionsbasiseinrichtung aus einem isotropen Keramikmaterial hoher Wärmeleitfähigkeit geformt ist.
43. Kühlanordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen wenigstens zwei wärmeleitende Kühleinrichtungen, die jeweils eine erste Basiseinrichtung mit einer Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und eine zweite Basiseinrichtung, die eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die auf dieser ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Vielzahl von plattenähnlichen Rippen der ersten Basiseinrichtung und der zweiten Basiseinrichtung von den wenigstens zwei wärmeleitenden Kühleinrichtungen ineinander mit einem Zwischenraum zwischen benachbarten Rippen verschachtelt bzw. verzahnt sind, und eine Kühlkörpereinrichtung in Kontakt mit der zweiten Basiseinrichtung dieser zumindest zwei wärmeleitenden Kühleinrichtungen zum Ableiten der Wärme von dieser. 15 20
44. Kühlanordnung nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper eine Gehäuseeinrichtung zum Abdecken der Vielzahl von Halbleiterelementen aufweist. 25
45. Kühlanordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen wenigstens zwei thermokonduktive Kühleinrichtungen in Kontakt mit einer Vielzahl von Halbleiterelementen zum Ableiten der Wärme von der Vielzahl von Halbleiterelementen, einen Kühlkörper in Kontakt mit den zumindest zwei wärmeleitenden Kühleinrichtungen zum Ableiten der Wärme von diesen und eine externe Kühleinrichtung zum Ableiten der Wärme von dem Kühlkörper. 30
46. Kühlanordnung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtungen aufweisen wenigstens zwei wärmeleitende Kühleinrichtungen, von denen jede eine Basiseinrichtung und eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die einstückig auf dieser ausgebildet und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und eine Gehäuseeinrichtung zum Abdecken und Abdichten der Vielzahl von Halbleiterelementen auf einer Substrateinrichtung, wobei die Gehäuseeinrichtung eine Vielzahl von dünnen, plattenähnlichen Rippen aufweist, die integral auf einer inneren Oberfläche derselben ausgebildet sind und im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind, und wobei die dünnen, plattenähnlichen Rippen jeder der beiden wärmeleitenden Kühleinrichtungen und der Gehäuseeinrichtung so angeordnet sind, daß sie mit einem Zwischenraum zwischen benachbarten Rippen verschachtelt sind. 35 40
47. Kühlanordnung nach einem der Ansprüche 1, 13, 24 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Richtung bezüglich der Wärmeflußrichtung geneigt ist.
48. Verfahren zum Herstellen eines gesinterten Verbundmaterials für eine Halbleiterkühlanordnung zum Kühlen von wenigstens einem Halbleiterelement, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: 45
- Mischen eines Pulvers aus BN mit einer mittleren Partikelgröße von ungefähr 1 µm mit einem Pulver aus AlN mit einer mittleren Partikelgröße von ungefähr 2 µm in einem vorgegebenen Mischverhältnis; Hinzufügen eines Sinterhilfsmittels zu der pulvrigen Mischung aus BN und AlN; und Unterziehen des pulvrigen Gemisches aus BN und AlN einem Warmpreßintern in einem Gasstrom von ungefähr 1800°C und unter einem Druck von ungefähr 40 MPa für eine Zeitdauer von ungefähr 2 h.
49. Verfahren nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, daß die Schritte des Hinzufügens des Hinzufügens von wenigstens Kalziumcarbonat oder Yttriumoxid in einer Menge von 0,2–5 Gewichtsanteilen aufweist. 50
50. Verfahren nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom ein Stickstoffgasstrom ist.
51. Verfahren nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischungsverhältnis 50–20 Gewichtsanteile BN aufweist. 55

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

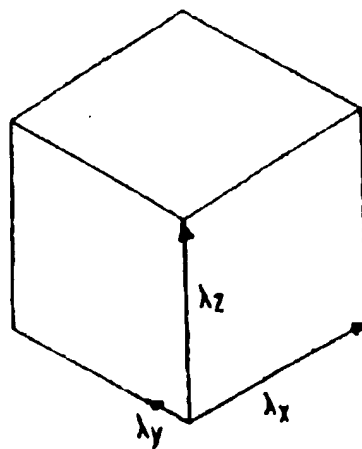
60

65

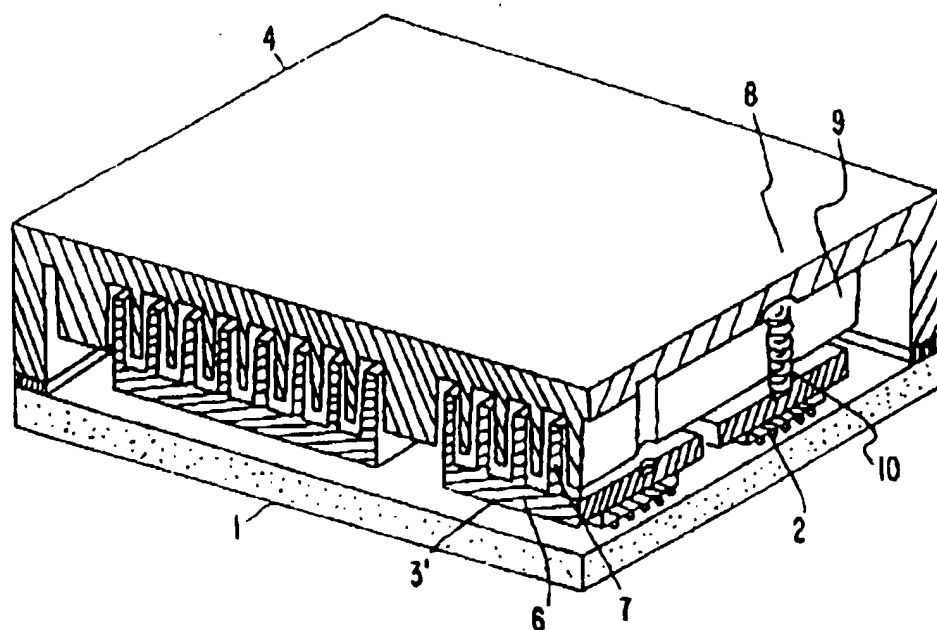
**FIG. 1.**



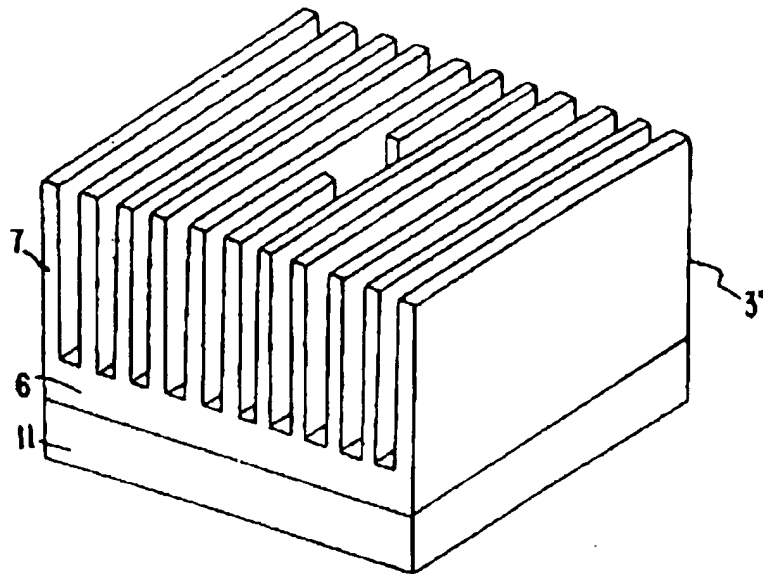
**FIG. 2.**



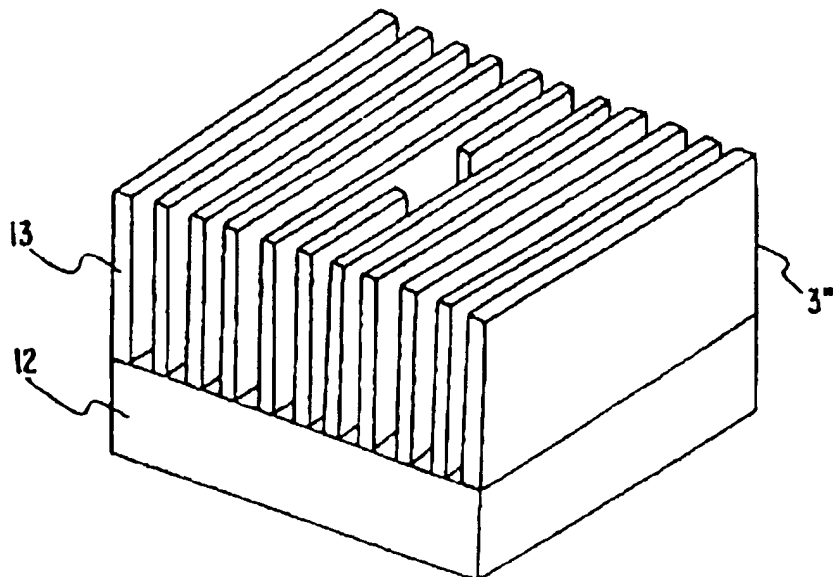
**FIG. 3.**



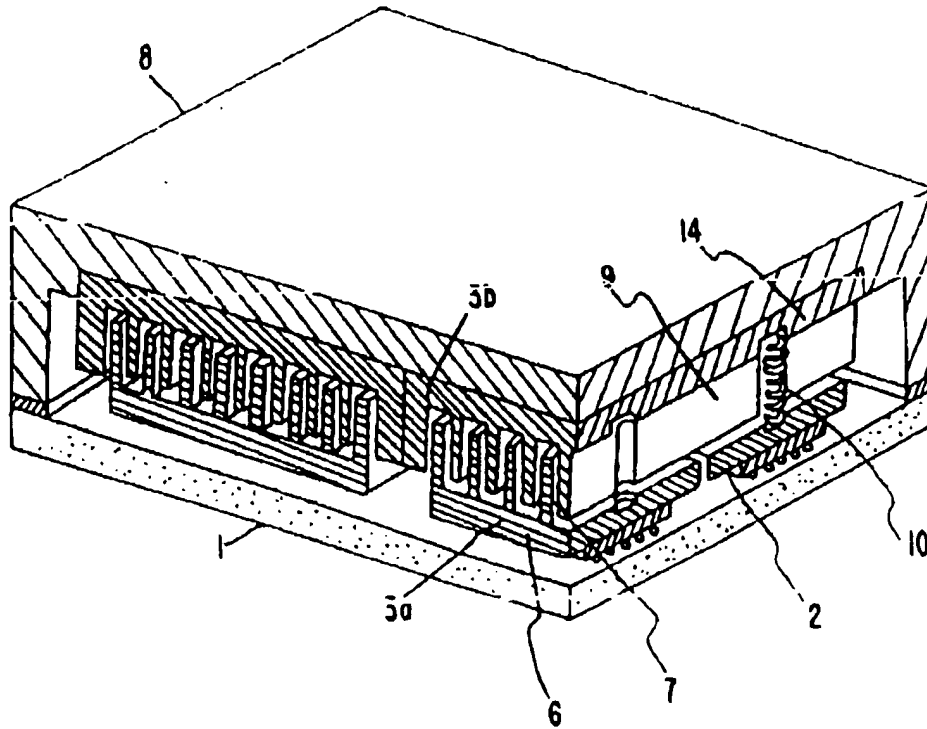
**FIG. 4.**



**FIG. 5.**



**FIG. 6.**



**FIG. 7**

